



**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»**

111 250, Москва, проезд Завода Серп и Молот,
дом 10, офис 608, Тел. (495) +7 495 012 60 07
E-mail: dtv@nts-ees.ru, <http://www.nts-ees.ru/>
ИНН 7717150757



Основана в 1724 году

**Российская Академия Наук
Секция по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике**

УТВЕРЖДАЮ

Президент, Председатель
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор

Н.Д. Рогалев

«09» декабря 2024 г.

ПРОТОКОЛ № 9

совместного заседания секций «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая
энергетика и гибридные энергетические комплексы» НП «НТС ЕЭС» и
Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике

27 ноября 2024 года

г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая
энергетика и гибридные энергетические комплексы» НП «НТС ЕЭС»,
представители ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», ФГБУН «ИНЭИ РАН», ФГБУН
«ИСЭМ СО РАН», АО «Россети Научно-технический центр», Комитет ВИЭ
РосСНИО, ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-
экономический университет», ФГБОУ ВО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е.
Алексеева», ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский
технический университет», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
технический университет», ФГАОУ ВО «УрФУ», ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», ФГБОУ ВО

«Сибирский федеральный университет», ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», ООО «ВИЭСХ – ВИЭ», ООО НПП «ЭКРА», ООО «РТСофт – СГ», всего **63** человека.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было подчеркнуто, что представляемые в докладе результаты исследования являются предварительным вариантом диссертационной работы. Важно отметить, что электрозаправочные станции в настоящее время активно развиваются, особенно в крупных городах и мегаполисах. В Москве данный сектор претерпевает значительные изменения, обусловленные не только ростом числа электромобилей, но и переходом городского транспорта на электрическую тягу. Это приводит к увеличению нагрузок в распределительных сетях, создавая риски перегрузки центров питания. В условиях пиковых нагрузок необходимо компенсировать возросшее потребление электроэнергии, чтобы обеспечить нормальное функционирование электротранспорта и стабильность работы общественного транспорта в целом. В Москве наблюдается растущий интерес к установке систем накопления электроэнергии (СНЭЭ) в ряде узлов распределительной сети для решения этих задач. Тем не менее, в данной области имеются проблемные вопросы, например, связанные с деградацией аккумуляторных батарей (АКБ) в составе СНЭЭ, требующие своего решения как с научной, так и с инженерной точки зрения. Также необходимы оптимальные с технической и экономической точки зрения решения для обеспечения бесперебойной работы электрозарядных станций и надежного функционирования распределительных сетей. Представляемый доклад посвящен комплексному решению перечисленных проблем.

С докладом **«Разработка методики выбора оптимальных параметров накопителей электрической энергии в системах электроснабжения с электрозаправочными станциями»** выступила Шамарова Наталия Андреевна, старший преподаватель кафедры Электроснабжения и электротехники ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет».

Основные положения доклада приведены ниже. Презентация доклада прилагается (**Приложение 1**).

1. В последние годы Россия переживает стремительный рост популярности электромобилей, что создает острую необходимость в развитии

инфраструктуры электрозаправочных станций. Этот процесс сопровождается рядом технических и логистических вызовов, связанных с интеграцией электрозаправочных станций (ЭЗС) в существующие системы электроснабжения.

2. Характер потребления электроэнергии ЭЗС, особенно станциями быстрой зарядки, может негативно влиять на качество электроэнергии и общую надежность системы электроснабжения. Рост рынка электромобилей, а также особенности характера спроса на зарядку требует разработки подходов к планированию развития электрозарядной инфраструктуры в условиях их интеграции в существующие системы электроснабжения.

3. В текущих условиях функционирования распределительных сетей низкого напряжения необходимо комплексное планирование интеграции ЭЗС, учитывающее не только их пространственно-географическое расположение и величину спроса на электроэнергию, но и технические ограничения электросетевого оборудования, а также стоимость технологического присоединения. Перспективным направлением является интеграция ЭЗС вместе с объектами распределенной генерации и СНЭЭ, что может помочь преодолеть имеющиеся ограничения пропускной способности сети и обеспечить устойчивое развитие электрозарядной инфраструктуры.

4. Внедрение ЭЗС с СНЭЭ сталкивается с рядом сложностей:

- необходимость моделирования нагрузки ЭЗС, которая характеризуется большой дисперсией, связанной с различной, непредсказуемой частотой подключения электромобилей, мощностью и продолжительностью разряда;
- необходимость учета неопределенности выработки электроэнергии объектов ВИЭ в случае их использования для обеспечения подзаряда СНЭЭ;
- необходимость в разработке методики оценки параметров СНЭЭ, которые могут снизить неопределенность данных элементов в таких системах в случае точной оценки подобранных параметров СНЭЭ.

5. Анализ статей о подходах к оценке параметров СНЭЭ показав, что эти публикации имеют один или несколько недостатков:

- при оценке параметров СНЭЭ не учитывается одновременно неопределенность нагрузки и выработки электроэнергии объектами ВИЭ;
- не во всех случаях учитывается деградация и срок службы АКБ в составе СНЭЭ или представляется в упрощенном варианте;
- при оценке оптимальных характеристик СНЭЭ и ВИЭ не во всех случаях учитывается стоимость модернизации и показатели надежности системы электроснабжения;
- в большинстве случаев многокритериальный метод анализа не применяется для оценки оптимальных параметров СНЭЭ, что ограничивает

возможность комплексной оценки влияния различных факторов.

6. Цель исследования заключается в разработке метода оценки оптимальных параметров СНЭЭ в системах электроснабжения ЭЭС. Для ее достижения были сформулированы задачи, подлежащие решению:

- выполнить анализ текущего состояния систем электроснабжения для определения требований к оценке оптимальных параметров СНЭЭ;
- выявить необходимые критерии, от которых зависит выбор параметров СНЭЭ, и проведение их количественной оценки;
- сформулировать методические принципы моделирования СНЭЭ в системе электроснабжения;
- разработать математическую модель для описания работы системы электроснабжения с учетом совместного функционирования СНЭЭ, ВЭС и ЭЭС;
- разработать метод моделирования нагрузки ЭЭС с учетом ее стохастичности;
- разработать методику выбора оптимальных параметров СНЭЭ с учетом стохастичности генерации ВЭС и потребления электроэнергии ЭЭС, деградации СНЭЭ, надежности и стоимости модернизации системы электроснабжения для поддержания бесперебойной работы ЭЭС.

7. Основные составляющие обобщенного алгоритма выбора параметров элементов системы электроснабжения включает в себя:

- если существующая система электроснабжения (СЭ) покрывает спрос подключаемой нагрузки ЭЭС, то есть выполняется условие обеспечения баланса мощности, то модернизация системы электроснабжения с подключением СНЭЭ и ВЭС не требуется;
- если условие обеспечения баланса мощности не выполняется, то необходима модернизация системы электроснабжения посредством подключения СНЭЭ и оценка ее необходимых параметров;
- если в непиковое время нагрузки (СНЭЭ находится в режиме заряда) не хватает мощности системы электроснабжения для заряда СНЭЭ, когда дальнейшее увеличение энергоемкости АКБ СНЭЭ не приводит к снижению дефицита мощности в часы пиковых нагрузок, то выбираются параметры ВЭС для покрытия дефицита мощности.

8. Для реализации разработанного подхода необходимо построение нескольких моделей, образующих общую модель оценки оптимальных параметров СНЭЭ, которая содержит следующие блоки:

- блоки первого уровня представляют объекты исследования системы электроснабжения, состоящей из внешней сети, потребителей электроэнергии, включая ЭЭС, СНЭЭ, объекты ВИЭ и другие элементы;

– блоки второго уровня (модель неопределенности, модель описания работы системы электроснабжения) представляет собой модели оценки различных параметров объекта исследования;

– блоки третьего уровня, которые по результатам моделирования позволяют решать различные задачи: оценка надежности системы электроснабжения, оценка стоимости модернизации системы электроснабжения, оценка деградации АКБ в составе СНЭЭ, это в свою очередь позволяет выбрать и оптимальные характеристики элементов системы электроснабжения.

9. Для моделирования профиля нагрузки ЭЭС использовался метод Монте-Карло, с помощью которого моделируется нескольких случайных составляющих и расчета выходных переменных для учета неопределенности нагрузки ЭЭС: время начала зарядки электромобиля; мощность, потребляемая электромобилем; продолжительность зарядки и количество подключаемых электромобилей. На основе статистических данных о количестве подключений электромобилей в течение суток было выполнено моделирование случайного процесса – начала времени подключения электромобиля с учетом суточной интенсивности подключения. Далее формируется массив данных со случайными временами начала зарядки электромобилей на основе соответствующего закона распределения вероятности. Аналогично формируются случайные мощности нагрузок всех электромобилей.

10. Поскольку выработка ВЭС вносит неопределенность в подходы к выбору параметров СНЭЭ, то необходимо произвести учет стохастичности выработки электроэнергии ВЭС. Моделирование случайной работы (выдачи мощности) ветроагрегата производилось на основе статистических данных, которые дают тренд выработки мощности ветроагрегата. На этот тренд накладываются случайные отклонения мощности, разыгрываемые методом Монте-Карло с применением вероятностного закона распределения.

11. Входные данные моделирования нагрузки ЭЭС и выработки ВЭС поступают для моделирования системы электроснабжения и оценки параметров СНЭЭ. Было выбрано смешанное целочисленное линейное программирование для решения этой задачи с учетом ограничений: ограничения по балансу, ограничения пропускной способности распределительной сети, ограничения выходной мощности ВЭС, а также ограничения СНЭЭ: ограничения глубины разряда, мощности и энергоемкости. Также было выполнено моделирование режима разряда-заряда СНЭЭ с оценкой дефицита и профицита электроэнергии. Если дефицит меньше или равен нулю, то итерация повторяется до момента выполнения условия.

12. Проведены вычислительные эксперименты, проведенные на тестовой схеме системы электроснабжения для демонстрации работоспособности

разработанной методики выбора оптимальных параметров СНЭЭ. После установления начальных параметров СНЭЭ, с учетом ограничений, выбора графика нагрузки, выбора пропускной способности сети и, в случае необходимости, загрузки данных графика выработки мощности ВЭС, осуществляется подбор параметров СНЭЭ с одной стороны и с другой стороны подбор мощности ВЭС для осуществления подзаряда СНЭЭ. Было рассмотрено несколько вариантов с разной пропускной способностью внешней сети и осуществлен подбор параметров СНЭЭ для каждого из них, удовлетворяющих условию полного покрытия дефицита мощности.

13. Следующий этап заключается в определении наиболее оптимального варианта, с учетом деградации АКБ в составе СНЭЭ, стоимости модернизации и надежности системы электроснабжения, включающий количественную оценку данных критериев и выбор оптимального варианта на основе многокритериального анализа.

14. Оценка деградации АКБ в составе СНЭЭ осуществлялась на основе полуэмпирической модели деградации, оценивающей потерю срока службы элементов АКБ на основе рабочих профилей заряда. В модели для подсчета циклов в текущем профиле уровня заряда СНЭЭ использован алгоритм подсчета дождевого потока, наиболее подходящий для оценки неполных циклов заряда-разряда. Также была применена модель календарного и циклического старений, которая является линейной для процессов деградации относительно количества циклов. Для нелинейного процесса деградации была использована модель, описывающая механизм роста слоя межфазной пленки твердого электролита.

15. С целью анализа увеличения срока службы АКБ дополнительно было рассмотрено увеличение энергоемкости СНЭЭ относительно смоделированных вариантов без изменения параметров ВЭС. При этом отмечается, что деградация снижается, в связи с снижением глубины разряда. При увеличении мощности ВЭС и снижении энергоемкости СНЭЭ фиксируется существенное увеличение деградации АКБ с связи с увеличением циклов заряда-разряда АКБ.

16. Целевая функция многокритериального анализа была определена путем минимизации геометрической суммы критериев, состоящей из трех показателей стоимости модернизации системы электроснабжения, величины деградации АКБ в составе СНЭЭ и показателя структурной надежности системы электроснабжения. В этом случае критерии образуют разносторонний треугольник с координатами.

17. Были рассчитаны величина деградации АКБ в составе СНЭЭ для каждого варианта, структурная надежность и стоимость модернизации системы электроснабжения для выбора наилучшего варианта методом многокритериального анализа.

18. Результатом исследования является разработанная методика выбора оптимальных параметров СНЭЭ в условиях подключения ЭЗС к существующим распределительным сетям с внедрением ВЭС. Проведено исследование надежности системы электроснабжения ЭЗС, деградации электрохимических АКБ, а также стоимостных характеристик вариантов модернизации системы электроснабжения за счет применения СНЭЭ и ВЭС.

19. В результате выполнения работы получены новые научные результаты:

- разработана математическая модель системы электроснабжения для описания режимов функционирования системы электроснабжения, с учетом совместной работы СНЭЭ, ВЭС и ЭЗС;

- разработан метод моделирования нагрузки ЭЗС с учетом ее стохастичности;

- разработана методика выбора оптимальных параметров СНЭЭ на основе математического моделирования СНЭЭ в составе системы электроснабжения с учетом поддержания баланса электроэнергии для компенсации пиков нагрузки, учитывающих стохастичность генерации ВЭС и потребления электроэнергии ЭЗС, с учетом деградации СНЭЭ, надежности и стоимости модернизации системы электроснабжения.

20. По результатам исследования было опубликовано 18 печатных работ (включая сборники статей конференций), из них 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 – в изданиях, включенных в базы Scopus и Web of Science (1 статья в журнале Q1), 14 – статей РИНЦ. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Шестопалова Т.А., Гусев Ю.П., Шведов Г.В. (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»»), Безруких П.П. (Комитет ВИА РосСНИО), Папков Б.В. (ГБОУ ВО «НГИЭУ»), Воронин В.А. (ФГБОУ ВО «КузГТУ»), Шушпанов И.Н. (ФГБОУ ВО «ИрНИТУ»), Куликов А.Л. (ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева»), Тарасов Д.М. (ООО «Деловая Россия»), Федотов А.И. (ФГБОУ ВО «КГЭУ»), Тягунов М.Г. (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»), Рабинович М.А. (АО «Россети Научно-технический центр»), Матисон В.А. (ООО НПП «ЭКРА»), Шеповалова О.В. (ООО «ВИЭСХ – ВИЭ»), Лукутин Б.В. (ФГАОУ ВО «ТПУ»), Илюшин П.В. (НП «НТС ЕЭС», ФГБУН «ИНЭИ РАН»).

Шестопалова Т.А. – Директор Института гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии, заведующий кафедрой Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»», к.т.н., доцент.

Обратила внимание на важность использования корректных формулировок

в названии доклада и диссертационной работы. Следует четко определить к чему осуществляется технологическое присоединение ЭЗС. Поэтому, вопрос организации электроснабжения какого-либо конкретного объекта – промышленного предприятия, жилого микрорайона или ЭЗС – требует уточнения для исключения недопонимания или неправильного толкования.

Гусев Ю.П. – Профессор кафедры «Электрические станции» ФГБОУ «НИУ «МЭИ»», к.т.н., профессор.

Обратил внимание на необходимость анализа условий функционирования устройств релейной защиты в системах электроснабжения ЭЗС с СНЭЭ. В таких системах электроснабжения применяются радиальные схемы и простейшие ненаправленные устройства релейной защиты. При мощностях, превышающих 1 МВт, возникает значительная подпитка от СНЭЭ в питающую сеть при КЗ, что может оказать влияние на функционирование устройств релейной защиты.

Задал вопрос о возможных ограничениях и стоимостных факторах, связанных с необходимостью реконструкции устройств релейной защиты.

Шведов Г.В. – Доцент Кафедра электроэнергетических систем ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»», к.т.н., доцент.

Задал вопрос о причинах, по которым мощность электромобиля установлена на уровне 25 кВт, а значение сигма составляет 15. Также интересовался вопросами, связанными с относительным временем зарядки электромобилей, математическим ожиданием и разбросом.

Обратил внимание на использование законов распределения, поскольку в разные часы они будут различные. Отметил, что изменение отдельных представленных параметров может существенно повлиять на результаты исследования. Указал на необходимость представления результатов анализа чувствительности модели к изменениям исходных данных. Если будет продемонстрировано, что изменения основных исходных данных не приводит к существенным изменениям в принятии решений, то это будет свидетельствовать о корректности выбранных подходов и полученных результатах.

Безруких П.П. – Председатель Комитета ВИЭ РосСНИО, академик-секретарь секции «Энергетика» РИА, профессор кафедры Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»», д.т.н.

Обратил внимание на необходимость разъяснения, что именно представлено на графиках, представленных на отдельных слайдах. Требуется уточнить, идет речь о мощности или отпущенной электроэнергии. Неясно, отображают ли он данные о величине потребляемой мощности ЭЗС в суточном разрезе или за другой временной интервал?

Задал вопрос о рассматриваемом количестве подъезжающих на ЭЗС автомобилей в течение суток.

Папков Б.В. – Профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», д.т.н., профессор.

Обратил внимание на то, что резервные источники питания могут использоваться для обеспечения электроэнергией электроприемников потребителей при кратковременных нарушениях внешнего электроснабжения.

Отметил, что из доклада неясно, какой именно системе ВЭС и СНЭЭ будут служить источниками питания. Также неясно, насколько повышается общая надежность системы электроснабжения ЭЗС в таких условиях.

Задал вопрос о том, почему возникает дефицит мощности, какова его частота и вероятность появления.

Воронин В.А. – Старший научный сотрудник НИЛ ЦТПМСК ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» к.т.н., доцент.

Задал вопрос о временном шаге, который используется при моделировании: час, минута или секунда.

Обратил внимание, учтены ли в модели параметры автомобилей, в частности, зависимость потребляемой мощности от уровня заряда батареи, а также характеристики бортовых зарядных устройств, так как в разных автомобилях они могут варьироваться от 3,3 кВт до 22 кВт.

Задал вопрос о том, является ли 25 кВт единым параметром для всех моделей автомобилей, которые рассматривались в исследовании.

Шушпанов И.Н. – Доцент кафедры Электроснабжения и электротехники ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет», к.т.н., доцент.

Обратил внимание на то, что в разработанной модели используется мощность подключения автомобиля и время его зарядки. Подчеркнул, что при этом не учитывались начальный и конечный уровень заряда АКБ автомобиля, а акцент делался на объеме электроэнергии, потребленной за время его зарядки.

Отметил, что важно учитывать не только время, в течение которого автомобиль находился на ЭЗС, но и случаи, когда он оставался подключенным, не уезжая, что также влияет на занятость зарядного поста. Таким образом, разработанная модель фокусируется на мощности, времени

остановки и объеме потребленной электроэнергии, что является ключевым аспектом для дальнейшего анализа и оптимизации системы.

Куликов А.Л. – Профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», д.т.н., профессор.

Обратил внимание, что в разработанной модели используются случайные параметры с определенными математическими ожиданиями и дисперсиями. Задал вопрос о том, каким образом осуществляется переход от случайных величин к детерминированным значениям, представленным в таблицах результатов моделирования. Уточнил, что, например, если в модели указано наличие 50 разъемов для зарядки электромобилей с заданными параметрами, то важно также учитывать дисперсию этих значений. Интересует, какова точность оценок, так как разброс между минимальным и максимальным значениями может существенно влиять на достоверность прогноза.

Отметил, что в докладе отсутствует четкая формулировка целевой функции и критериев оптимизации, что, с точки зрения классического подхода, ставит под сомнение саму оптимизацию. Рекомендовал использовать термин «выбор» вместо «оптимизация», так как процесс больше напоминает перебор вариантов, чем нахождение оптимального решения. Это важно, поскольку выбранные параметры могут не отражать истинный оптимум, особенно если в процессе моделирования некоторые варианты просто не рассматривались.

Задал вопрос о том, предполагается ли, что все электромобили на ЭЗС будут обслужены, или же имеется вероятность, что часть из них, увидев большую очередь, уедет на другую ЭЗС.

Федотов А.И. – Профессор кафедры «Электрические станции» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», д.т.н., профессор.

Обратил внимание, что в статье, опубликованной в 2022 г., обсуждался вопрос программирования ЭЗС для перенаправления электромобилей на другие ЭЗС, что актуально для современных систем электроснабжения.

Задал вопрос о том, что исследование сосредоточено на существующих системах электроснабжения, предложив уточнить название работы, чтобы оно отражало интеграцию ЭЗС в существующие распределительные сети.

Отметил, что при проектировании необходимо учитывать ограничения, связанные с типом зданий и их нормативными резервами, особенно больших парковочных комплексов. Подчеркнул важность корректного учета пропускных способностей электросетевых элементов и соблюдения правил технической

эксплуатации силовых трансформаторов при их перегрузке.

Задал вопрос о том, как переводить оценки деградации АКБ в понятные для проектировщика единицы, чтобы оценить экономическую целесообразность инвестиций в ЭЭС.

Тарасов Д.М. – Исполнительный директор Комитета по энергетике Общероссийской общественной организации «Деловая Россия», к.т.н.

Обратил внимание на актуальность рассмотренной в докладе тематики, особенно в свете реализации большого проекта Сберсити, в котором предусмотрено строительство объектов распределенной генерации, СНЭЭ и интеграции сети ЭЭС.

Задал вопрос о том, моделировались ли в процессе исследования реальные объекты и какой массив исходных данных был использован, включая режимы электроснабжения. Также интересовался типом модели – динамическая или статическая – и попросил прокомментировать этот аспект.

Тягунов М.Г. – Профессор кафедры Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», д.т.н., профессор.

Обратил внимание на то, что, если перейти от стохастического потребления к более общему, то задача перестает быть уникальной для ЭЭС и становится классической задачей функционирования установок на основе возобновляемых источников энергии для обеспечения гарантированного электроснабжения потребителей.

Подчеркнул важность учета указанного аспекта, так как становится очевидным, что увеличение мощности ВЭС при постоянной энергоемкости и мощности СНЭЭ приведет к увеличению глубины разряда. Однако, если мощность СНЭЭ будет изменяться, то вывод о зависимости от мощности ВЭС может оказаться неверным.

Обратил внимание, что в названии темы, согласно рекомендациям ВАК, должны отсутствовать «процессы» (разработана, исследована), а вместо этого должны быть четко указаны результаты.

Рабинович М.А. – Главный научный сотрудник АО ««Россети Научно-технический центр»», д.т.н., с.н.с.

Обратил внимание, что суммарное потребление вырождается в типовое распределение Вейбулла, однако это справедливо только для стационарных импульсных процессов одной полярности. В конечном итоге оно должно переходить в нормальное распределение в зависимости от интенсивности импульсного процесса, но следует учитывать, что в рассматриваемом случае

процесс не является стационарным на протяжении различных периодов времени, и к этому вопросу нужно подходить с осторожностью.

Отметил, что в распределительной сети возможны ситуации не только с зарядом электромобилей, но приемом в сеть излишков мощности, когда активный потребитель их сам не может потребить.

Задал вопрос о наличии примеров успешного применения разработанных решений в России, так как на данный момент неизвестны такие проекты.

Матисон В.А. – Заместитель технического директора по цифровизации электроэнергетики ООО НПП «ЭКРА», к.т.н.

Отметил, что в ходе обсуждения был поднят вопрос о целесообразности применения ветроустановок в городской черте. В докладе упоминалась ветроустановка мощностью 400 кВт. Несмотря на привлекательность концепции применения ветроустановок, практическая реализация такого проекта в условиях плотной городской застройки вызывает обоснованные сомнения.

Отметил, что наиболее эффективным решением в данной ситуации представляется применение солнечных фотоэлектрических модулей, которые могут быть установлены на крышах зданий или в других подходящих местах. Таким образом, с точки зрения практической реализации, возможны два варианта решения: установка ветроустановок за пределами городской черты или применение солнечных фотоэлектрических модулей в условиях города.

Шеповалова О.В. – Генеральный директор ООО «ВИЭСХ – ВИЭ», к.т.н.

Обратила внимание, что использование солнечных фотоэлектрических установок в городских условиях мощностью, подобной обсуждаемой, представляет собой определенные сложности. У коллег из Узбекистана имеется опыт интеграции ЭЭС для аккумуляторов электросамокатов за счет применения солнечных фотоэлектрических установок, учитывая высокую доступность солнечной энергии. Вопрос о применении ветроустановок в городской черте городов Узбекистана при этом даже не поднимался, несмотря на менее плотную застройку, по сравнению с Москвой.

Отметила, что представленный доклад заслуживает внимания, а также то, что исследование выполнено на высоком уровне. Однако, как и в большинстве современных исследований, наблюдается проблема с представлением качественного литературного обзора. Обратила внимание, что общим вопросам в докладе было уделено слишком много внимания, что отвлекало от основного вопроса. Литературный обзор следовало бы сделать более конкретным, а общие аспекты – рассмотреть менее подробно.

Обратила внимание, что в докладе упомянуто, что установление связи между потреблением и выработкой электроэнергии в энергорайонах малой мощности не являлось предметом исследования. В зарубежной литературе эта тема активно изучается, и имеются интересные работы, которые могут быть полезны для проведения новых исследований в этой области.

Лукутин Б.В. – Профессор Отделения электроэнергетики и электротехники ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», д.т.н., профессор.

Обратил внимание, что в докладе была затронута обширная тематика, возможно, что чрезмерно обширная. В разделе, посвященном деградации АБ, содержится множество очевидных сведений, которые можно было бы опустить. Суть исследования заключается в представлении статической балансовой модели СНЭЭ, что нужно было четко в начале доклада отметить, так как часть высказанных замечаний связана с несоответствием основной идеи исследования представленным в докладе материалам.

Отметил, что дискретизация составляет один час, поэтому говорить о динамических режимах невозможно. Что касается новизны, то она присутствует, и работа выполнена на высоком уровне. Однако, в практическом плане возникают вопросы. Трудно представить, что для ЭЗС следует строить такую сложную систему. Интересно, сколько будет стоить данная система и какова будет цена электроэнергии на этой ЭЗС.

Отметил, что на средства, выделенные на реализацию разработанной системы, можно было бы значительно увеличить пропускную способность распределительной сети и избежать многих проблем. Вопросы о применении ветроустановок остаются открытыми.

Задал вопрос о том, какую мощность ветроустановки докладчик имеет в виду: установленную, среднюю или какую-то другую? Установленная мощность определяется при номинальной скорости ветра, которая крайне редко достигается, что не позволяет говорить о гарантированном источнике питания. В целом доклад и проведенное исследование произвели положительное впечатление, но следует учесть высказанные замечания при его доработке.

Илюшин П.В. – Председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», д.т.н.

Обратил внимание, что в докладе говорится о деградации СНЭЭ. Важно уточнить, что СНЭЭ включает в себя не только аккумуляторную батарею, но и инвертор, контейнер, высоковольтный блок, трансформатор, систему пожаротушения, систему вентиляции и кондиционирования, а также другие

элементы и подсистемы. Рекомендуется уточнить формулировки в докладе, так как реально в нем были рассмотрены только вопросы деградации АБ.

Отметил, что при анализе графика на слайде 30 возникает вопрос о количестве циклов, используемых АКБ в течение суток. На графике представлено несколько пиков, и площадь под графиком соответствует объему электроэнергии, который должен покрываться СНЭЭ.

Задал вопрос, полноценный цикл АКБ в составе СНЭЭ используется только один раз в сутки в ночные часы? Если реально имеется два пика, как показано на графике, включая вечерний пик, то получатся, что используется за сутки два цикла? Следует уточнить, сколько циклов фактически используется в сутки и сопоставить их с представленным в докладе графиком.

Задал вопрос о том, была ли учтена деградация АКБ при выборе мощности СНЭЭ. Осуществляя выбор СНЭЭ необходимо учитывать деградацию АБ за период в 5-7 лет, с учетом количества полных циклов. Исходя из доклада деградация АКБ не учитывается, так как сначала вы определяете мощность СНЭЭ, а затем моделируете процессы деградации АКБ. Было бы полезно представить весь процесс от начала до конца: расчетная мощность, учет деградации АКБ, а затем выбор типовой СНЭЭ из информации заводов-изготовителей. Это упростит понимание и сделает вашу работу более структурированной.

Обратил внимание на то, что в конце доклада говорится об использовании возобновляемых источников энергии. Задал вопрос, почему были рассмотрены только ветроэнергетические установки (ВЭУ), и не были рассмотрены солнечные фотоэлектрические системы? Если акцент сделан на ВЭУ, то это необходимо обосновать и не использовать термин «ВИЭ», так как другие ВИЭ при моделировании не рассматривались. Следует убрать упоминание ВИЭ и уточнить, что речь идет исключительно о применении ВЭУ.

Заслушав выступления экспертов по результатам дискуссии совместное заседание Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Возобновляемая энергетика и гибридные энергетические комплексы» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **отмечает:**

1. Разработанные методические подходы к моделированию режимов работы распределительных сетей с системой накопления электроэнергии, ветроагрегатом и электрозаправочной станцией позволяет оценивать параметры элементов электрической сети для обеспечения бездефицитной работы.

2. Разработанная модель нагрузки электростанций, позволяет анализировать неопределенность, возникающую при случайном потреблении

электроэнергии, для оценки потенциального дефицита мощности и выбора параметров системы накопления электроэнергии для его компенсации.

3. Разработанная методика выбора оптимальных параметров системы накопления электроэнергии на основе многокритериального анализа с использованием результатов оценки деградации аккумуляторной батареи в составе системы накопления электроэнергии, оценки надежности системы электроснабжения и стоимости ее модернизации позволяет выбирать наиболее оптимальный вариант для обеспечения бездефицитной работы системы электроснабжения и бесперебойного электроснабжения ЭЗС.

Совместное заседание Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Возобновляемая энергетика и гибридные энергетические комплексы» НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **решило:**

1. Рекомендовать автору учесть высказанные предложения и рекомендации по доработке предложенной методики, проведя ее верификацию на примере реальной системы электроснабжения ЭЗС, имеющей ограничения, с выбором оптимальных параметров системы накопления электроэнергии и ветроагрегата для обеспечения бесперебойного электроснабжения ЭЗС.

2. Рекомендовать электросетевым компаниям рассмотреть возможность применения предложенной методики при реализации пилотных проектов технологического присоединения ЭЗС к существующим распределительным сетям с недостаточной пропускной способностью. Методика позволяет осуществить выбор оптимальных параметров системы электроснабжения, системы накопления электроэнергии для обеспечения бездефицитной работы и снижения нагрузки на электросетевое оборудование (силовые трансформаторы; линии электропередачи).

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», д.т.н. Илюшин П.В., в котором отметил, что на заседании присутствовало 63 эксперта, из которых 16 активно участвовали в обсуждении. Большое количество участников и заданных вопросов свидетельствует о высокой актуальности обсуждаемой темы.

Обратил внимание на важность правильного выбора сечений проводников и кабелей при строительстве новых ЭЗС в микрорайонах, особенно если мощности центров питания позволяют их беспрепятственно подключать. Когда же речь идет о модернизации существующих распределительных сетей, то

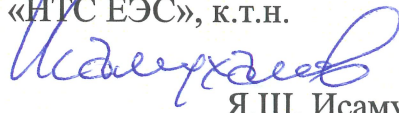
решение об их реконструкции может оказаться экономически невыгодным, а применение ЭЗС с СНЭЭ обоснованным. В докладе представлены решения, содействующие развитию электрозарядной инфраструктуры при отсутствии возможностей по проведению массовой реконструкции распределительных сетей крупного города или мегаполиса. В Москве электрозарядная инфраструктура развивается интенсивно, что создает существенные проблемы для функционирования электросетевого комплекса. Электросетевые компании заинтересованы в поиске эффективных решений, поскольку массовая замена силовых трансформаторов и линий электропередачи потребует значительных финансовых вложений и технически ее реализовать невозможно.

В докладе представлены разработанные автором подходы к решению актуальных вопросов, включая вопросы деградации АКБ в составе СНЭЭ, которые многими исследователями не учитываются. Важно, чтобы разработанные решения использовались проектировщиками, занимающимися подключением ЭЗС к существующим распределительным сетям.

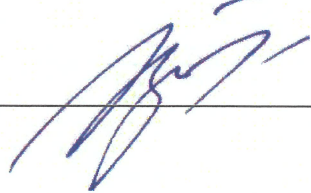
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор


В.В. Молодюк

Ученый секретарь Научно-
технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


Я.И. Исамухамедов

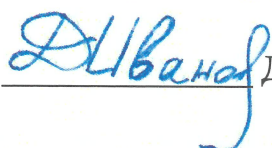
Председатель секции «Возобновляемая
энергетика и гибридные энергетические
комплексы» НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор


М.Г. Тягунов

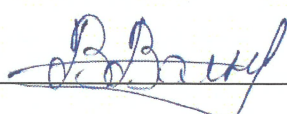
Председатель секции «АСРЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», ученый секретарь
Секции по проблемам НТП в
энергетике Научного совета РАН по
системным исследованиям в
энергетике, д.т.н.


П.В. Илюшин

Ученый секретарь секции «Активные
системы распределения электроэнергии
и РЭР» НП «НТС ЕЭС», к.т.н.


Д.А. Ивановский

Ученый секретарь секции
«Возобновляемая энергетика и
гибридные энергетические комплексы»
НП «НТС ЕЭС»


В.С. Вольный